

【特許請求の範囲】

【請求項1】 入力光を増幅して一定の大きさの出力光を出力する光増幅器において、
入力光の入力光電力を検出する検出部と、
前記検出部で検出した入力光電力の値を所定の値と比較する比較部と、
前記光増幅器の利得又は出力を制御する出力制御部とを有し、
前記比較部で比較された入力光電力が前記所定の値よりも小さいときに前記出力制御部によって前記光増幅器の利得又は出力を低減することを特徴とする光増幅器。

【請求項2】 入力光を増幅して一定の大きさの出力光を出力する光増幅器において、
入力光の入力光電力を検出する検出部と、
前記検出部で検出した入力光電力の値を所定の値と比較する比較部と、
前記光増幅器の利得又は出力を制御する出力制御部とを有し、
前記比較部で比較された入力光電力が前記所定の値よりも大きいときに前記出力制御部によって前記光増幅器の利得又は出力を低減することを特徴とする光増幅器。

【請求項3】 請求項2記載の光増幅器において、前記比較部にヒステリシス回路を備えたことを特徴とする光増幅器。

【請求項4】 入力光を増幅して出力光の大きさが一定の状態にある定常出力状態にて出力光を出力する光増幅器において、
出力光の反射光電力を検出する第1の検出部と、
前記第1の検出部で検出した反射光電力の値を所定の第1の値と比較する第1の比較部と、
入力光の入力光電力を検出する第2の検出部と、
前記第2の検出部で検出した入力光電力の値を所定の第2の値と比較する第2の比較部と、
前記光増幅器の利得又は出力を制御する出力制御部とを有し、
前記出力定常状態において前記入力光電力が前記第2の値よりも大きく前記反射光電力が前記第1の値よりも大きくなったときに前記光増幅器の利得又は出力を低減した第1の出力低減状態とし、

前記第1の出力低減状態で前記入力光電力が前記第2の値よりも大きく前記反射光電力が前記第1の値よりも小さくなったときに前記出力定常状態とし、
前記第1の出力低減状態において前記入力光電力が前記第2の値よりも小さくなったときに前記光増幅器の利得又は出力を前記第1の低減状態よりもさらに低減した第2の出力低減状態とし、
前記定常出力状態において前記入力光電力が前記第2の

値よりも小さくなったときに前記第2の出力低減状態とし、

前記第2の出力低減状態において前記入力光電力が前記第2の値よりも大きくなったときに前記第1の出力低減状態とすることを特徴とする光増幅器。

【請求項5】 請求項4記載の光増幅器において、前記反射光電力の代わりに反射光電力と出力光電力の比で表される反射減衰量を用いたことを特徴とする光増幅器。

10 【請求項6】 請求項4又は5記載の光増幅器において、前記第1及び第2の比較部にヒステリシス回路を備えたことを特徴とする光増幅器。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、光ファイバ通信に利用される光増幅器の、光サージを抑圧する構成に関する。

【0002】

【従来技術】 従来の光ファイバ通信の基本構成を図12に示す。電気信号は、光送信器208により光信号に変換され、光ファイバ201に送り込まれる。光ファイバ201を伝搬する光信号は、光ファイバ201の損失を受け、伝送距離が進むにつれてその電力が弱くなる。弱まった光信号は、光受信器209により電気信号に戻される。

20 【0003】 それに対する光増幅器を用いた光ファイバ通信の基本構成を図13に示す。光増幅器は、入力された光を電気に変換することなく直接増幅する機能を有しており、エネルギー源としてのポンプ光を光ファイバに入射し、光ファイバの誘導ラマン散乱を利用して信号光を増幅する光ファイバ増幅器や、外部からの電流によって半導体中に生じるエネルギーを持った電子の誘導放出によって信号光を増幅する半導体素子による光増幅器の他、Er, Prイオンをドープした光ファイバにエネルギー源としてのポンプ光を入射し、反転分布を生じさせ、その誘導放出を利用した光ファイバ増幅器等が知られている。

30 【0004】 この光増幅器202を、ポストアンプ、プリアンプ、インラインアンプに用いた光ファイバ通信の研究開発が盛んに行なわれている（例えば、萩本、青山：光ファイバ増幅器を用いた中継伝送システム、電子情報通信学会論文誌B-1、Vol. 75-B-1、No. 5、p246、1992）。

40 【0005】 ポストアンプは光送信器208からの、光ファイバ201への入射光電力を増大させる。プリアンプは光受信器209の感度を向上させ、より少ない入力光電力での動作を可能にする。ポストアンプ、プリアンプを用いることで、長距離光ファイバ通信が行なえる。

【0006】 またインラインアンプは光中継器210への入力光信号を増幅して出力するので、複数のインラインアンプを用いることでも、光信号を電気信号に戻すことなく、長距離の光ファイバ通信が行なえる。

【0007】 以上で説明したように、光増幅器は、光フ

アイバ通信の長距離化に効果がある。また、光増幅器は、入力信号の伝送速度や変調方式に左右されることができないので、柔軟な通信システムを構築することができる。希土類元素であるErを添加した光ファイバを用いた光ファイバ増幅器は、大きな利得・出力が得られるため、効果が大きい（例えば、島田：Erドープ光ファイバ増幅器が光通信システムに与えるインパクト；0 plus E, 113, p75, 1989）。

【0008】光ファイバ通信で用いる光増幅器には、多少の入力変動に対して出力が変動しない機能が要求される。これは、工事や保守、温度、経年変化による光ファイバの損失変化に対応するためである。また、インラインアンプを用いた光ファイバ通信では、インラインアンプを設置する建物間の距離は均一とならないことが多く、建物間の光ファイバ損失は均一でない。このため、インラインアンプは、ある範囲の入力電力に対し、出力を一定にする機能が要求される。以上2つの要求を満たす出力一定制御（以後、ALC:Auto Level Controlと呼ぶ）回路を備えた光増幅器の構成例を図17に示す。

【0009】ALC回路は、光増幅器202の出力の一部を光カプラ203で分岐し、この分岐した出力を出力光電力モニタ207でモニタする。そして、出力が一定となるように出力（利得）制御部206を用いてフィードバック制御を行なう。

【0010】図18にALC回路を備えた光増幅器の入出力特性を示す。ALC回路を備えた光増幅器は、入力が変化しても出力が変化せず一定となる。ただし、実際には全入力範囲にわたってALCを行うことは無理である。なぜならば、入力電力が小さすぎると過大な利得を要求することになり、入力電力が大きすぎると可変利得特性ではなく可変損失特性を要求することにもなるからである。このため、ALC回路を備えた光増幅器は、目的とする入力値を中心に入力範囲を規定している。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】ALC回路を備えていない光増幅器、例えば、図14(a)に示した励起光電力一定制御回路206aを用いて励起光電力を一定に制御した光ファイバ増幅器202aや、図14(b)に示した注入電流一定制御回路206bを用いて注入電流を一定に制御した半導体光増幅器202bでは、図15に示すような入出力特性を持つ。

【0012】この図に示すように、これらの光増幅器では入力光電力が小さい場合には入出力光電力に比例関係が成り立つ。この比例勾配が利得である。

【0013】入力光電力が大きくなると、光増幅器内部において光増幅に必要なエネルギーレベルが減少するため、利得を一定に保持できなくなる。この図のaの領域のように入出力光電力が比例関係にある利得を線形利得と呼び、cの領域のように入出力光電力入力が比例関係ではない利得を飽和利得と呼ぶ。

【0014】これらの光増幅器では、定常的な入力値Aが光増幅器に入力されているときの出力は出力値Cとなる。しかし、無入力の光増幅器に対して急に入力値Aが加えられた場合、図16に示すように、出力に過渡応答（以後、光サージと呼ぶ）が生ずる。これは、入力時に光増幅器が図15のcの領域のような線形利得を保持し、過渡状態では図15中の出力値Bに出力電力が達するためである。

【0015】この光サージの発生について、図17のALC回路を備えた光増幅器202に図19に示す【くさび】型の光電力を入力した場合についても説明する。図19

(a)は入力光電力の時間変化を表わし、(b)は光増幅器202の利得の(a)に対応した時間変化を表わし、(c)は出力光電力の(a)に対応した時間変化を表わす。

【0016】この図に示すように、入力が下がっている領域では利得が上がっており、出力は一定を保持されている。時刻tupにおいて急に入力光電力が大きくなった時、その瞬間的な出力は光増幅器202が持つ利得G2によって決定される。このため、光サージが生ずる。

【0017】光サージの大きさは光増幅器が保持できる内部利得に依存するため、ALC回路を備えていない光増幅器よりALC回路を備えた光増幅器の方が大きな光サージを出力する可能性がある。

【0018】光ファイバ通信においては、入力光コネクタの脱着によって、無入力から急に光電力が光増幅器に入力されることが考えられる。この場合、上記で説明したように、ALC回路の有無にかかわらず、光増幅器は光サージを出力する可能性がある。

【0019】ポストアンプやインラインアンプでは、光増幅器の出力コネクタを保守者が扱うことがあり、光サージが出力されると保守者の目に危険である。

【0020】また、光サージは光コネクタ等の光部品にもダメージを与える。例えば、出力光コネクタ接合部に汚れがある場合、光サージによって接合部が溶融することが報告されている（中島他：電子情報通信学会秋期大会、B-575, 1991）。

【0021】さらに光増幅器をプリアンプとして用いた場合、光サージがプリアンプの後段にある受光器等の部品を破壊する可能性もある。

【0022】以上説明したように光サージは数々の障害の原因となり、光増幅器を用いた光ファイバ通信の分野において、光サージを抑えることが課題となっていた。

【0023】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するために入力光を増幅して一定の大きさの出力光を出力する光増幅器において、入力光の入力光電力を検出する検出部と、この検出部で検出した入力光電力の値を所定の値と比較する比較部と、光増幅器の利得又は出力を制御する出力制御部とを設け、比較部で比較された入力光電力

が所定の値よりも小さいときに出力制御部によって光増幅器の利得または出力を低減するようにしたものである。

【0024】そして、リセットSWを設けて元の状態に復帰させるか、入力光電力が上昇したことを検出する回路を設けて自動的に復帰させる構成とすることができる。

【0025】

【作用】このような構成とすると、入力光電力が下がった後に入力光電力が急に増加した場合には、入力光電力が所定の値よりも下がった段階で光増幅器は出力低減状態になっているので、光サージが発生してもそのピーク値を小さくすることが可能である。

【0026】

【実施例】本発明の第1の実施例について、図1、図2及び図3を用いて説明する。

【0027】図1はこの実施例の構成を示したものであり、出力の一部を光カプラ103で分岐して出力光電力モニタ107でモニタし、出力（利得）制御部106を用いて出力が一定となるようにフィードバック制御を行なうALC回路を備えた光増幅器102を基本に構成されている。

【0028】この実施例の光増幅器102は、入力光電力の変動に基づいて出力低減動作を行うために、入力部に光カプラ101を設け、入力光電力を一部分岐して入力光電力モニタ104へ導く。この入力光電力モニタ104では入力光電力を電気信号に変換し、その値を入力光電力低下検出部105へ導く。入力光電力低下検出部105は予め設定された光電力値と入力光電力値を比較し、もしも設定値より入力光電力値が下がった場合、出力（利得）を制御する出力制御部106へ通知する。通知を受けた出力（利得）制御部106は、利得又は出力の制御目標値を下げる変更を行なう。

【0029】以上の光増幅器の動作を図2の状態遷移図を用いて説明する。この光増幅器には、定常出力状態S0と出力低減状態L1の二状態が存在する。入力光電力モニタ104で検出された入力光電力が特定の値より大きい場合、定常出力状態S0に留まる。特定の値より低い入力光電力を検出した場合、出力低減状態L1へ遷移する。出力低減状態L1は利得が低い状態であるため、急な光電力の入力によって発生する光サージを小さくすることができる。

【0030】そして出力低減状態L1から定常出力状態S0に復帰するために、出力（利得）制御部106にリセットSW108を設ける。このリセットSW108を押下した場合、光増幅回路は定常出力状態S0へ遷移する。

【0031】この実施例では、利得を下げた出力低減状態L1に遷移することで光サージの大きさを抑圧しているが、光サージをより完全に抑圧するためには、光増幅器の動作が停止した状態に遷移するような制御を行なえばよい。

【0032】このような制御を行う光増幅器の、モニタ 50

した入力光電力値が特定の値より下がった場合に動作が停止した状態に遷移する動作を図3を用いて説明する。図3は実施例の光増幅器の利得、入出力特性を示した図である。

【0033】図3(a)に示すように入力光電力は始めは一定値I1に保たれているが、時刻t1から低下を始め、時刻tupにて急に増加して元の一定値I1に回復するものとする。

【0034】この光増幅器はALC回路を備えているので、光増幅器は図3(b)に示すように始めは利得G1であったものが時刻t1から利得を上げ、図3(c)に示すように時刻t2（このときの利得G2=I1/I2×G1）までは一定の出力O1を保持する。

【0035】そして入力低下しきい値をI2に設定しているため、時刻t2において、この実施例の制御が働き、光増幅器は動作を停止する。

【0036】時刻t2以後も入力光電力は減少して時刻tupで急に増加するが、時刻tupには光増幅器は動作を停止しており利得を保持しないので、光サージは発生しない。この後、入力光電力が一定値I1に安定した状態でリセットSWを押下すれば、この光増幅器は定常出力状態に回復し一定の所定O1を保持する。

【0037】本発明の第2の実施例を、図4、図5及び図6を用いて説明する。図4はこの実施例の構成を示したものであり、ALC回路を備えた光増幅器102を基本に構成されている。

【0038】この実施例の光増幅器102は、入力光電力の低下／回復を検出し、光増幅器102の定常出力状態と出力低減状態との間の遷移を自動的に行なうために、入力部に光カプラ101を設け、入力光電力を一部分岐して入力光電力モニタ104へ導く。この入力光電力モニタ104では入力光電力を電気信号に変換し、その値を入力光電力低下／回復検出部109へ導く。

【0039】入力光電力低下／回復検出部109は予め設定された光電力値と入力光電力値を比較し、もしも設定値より入力光電力値が下がった場合は、出力（利得）を制御する出力（利得）制御部106へ利得又は出力を低減するように通知する。通知を受けた出力（利得）制御部106は、制御目標値を下げる変更を行なう。逆に、設定値より入力光電力値が上がった場合は、出力（利得）を制御する出力（利得）制御部106へ利得又は出力を復帰するように通知する。通知を受けた出力（利得）制御部106は、制御目標値を復帰させる。

【0040】以上の光増幅器の動作を図5の状態遷移図を用いて説明する。この光増幅器には、定常出力状態S0と出力低減状態L1の二状態が存在する。入力光電力モニタ104で検出された入力光電力が特定の値より大きい場合、定常出力状態S0に留まる。特定の値より低い入力光電力を検出した場合、出力低減状態L1へ遷移する。出力低減状態L1は利得が低い状態であるため、急

な光電力の入力によって発生する光サージを小さくすることができる。

【0041】そして入力光電力が特定の値より小さい場合、出力低減状態L1に留まり続ける。この状態で特定の値より大きい入力光電力を検出した場合、光増幅回路は定常出力状態S0へ遷移する。

【0042】この実施例では、利得を下げた出力低減状態L1に遷移することで光サージの大きさを抑圧しているが、光サージをより完全に抑圧するためには、光増幅器の動作が停止した状態に遷移するような制御を行なえばよい。

【0043】このような制御を行う光増幅器の、モニタした入力光電力値が特定の値より下がった場合に動作が停止した状態に遷移する動作を図6を用いて説明する。図6は実施例の光増幅器の利得、入出力特性を示した図である。

【0044】図6(a)に示すように入力光電力は始めは一定値I1に保たれているが、時刻t1から低下を始め、時刻tupにて急に増加して元の一定値I1に回復するものとする。

【0045】この光増幅器はALC回路を備えているので、光増幅器は図6(b)に示すように始めは利得G1であったものが時刻t1から利得を上げ、図6(c)に示すように時刻t2(このときの利得G2=I1/I2×G1)までは一定の出力O1を保持する。

【0046】そして入力低下しきい値をI2に設定しているため、時刻t2において、この実施例の制御が働き、光増幅器は動作を停止する。

【0047】時刻t2以降も入力光電力は減少して時刻tupで急に増加するが、時刻tupには光増幅器は動作を停止しており利得を保持しないので、光サージは発生しない。時刻tup以降は、入力光電力が入力回復しきい値I3を超えるため、この光増幅器は定常出力状態に回復し一定の出力O1を保持する。

【0048】本発明の第3の実施例について、図7及び図8を用いて説明する。図7はこの実施例の構成を示したものであり、ALC回路を備えた光増幅器102を基本に構成されている。

【0049】この実施例に示すように、光増幅器102の出力が光コネクタ113を介して光ファイバや受光器に接続されている場合、その光コネクタ113を保守者が扱うことがある。保守者の目の安全を考慮すると、出力光コネクタ113が開放された場合、光増幅器の利得又は出力を下げることが望ましい。

【0050】この出力光コネクタ113が外れると、反射光電力が増加する。これは光コネクタ113の端面で空気と光ファイバコアの屈折率が異なる為である。この原理を用いて、出力光コネクタ開放時に不用意な出力を行なわない制御を行うことが報告されている(Nakagawa他:A Bit-rate Flexible Transmission Field Trial Over

300km Installed Cables Employing optical amplifier, 1991年7月25日, 国際会議Optical Amplifiers and Their Applications)。

【0051】本原理を改良し、出力光コネクタ113が外れると利得又は出力を低下させ、出力光コネクタ113が接続されると利得又は出力を復帰させる制御が考えられる。しかしながら、この制御と第2の実施例で用いた制御を単純に組み合わせるだけでは以下の問題が生ずる。

【0052】入力光電力による出力低下/回復の制御10は、光サージ抑圧のために行なう。このため、光サージをより完全に抑圧するためには、入力光電力の低下にともなう低減出力値が低いほど効果がある。

【0053】一方、出力光コネクタ113の開放/接続による制御は、反射光電力の変化を利用して行なう。このため、出力光コネクタ113の接続を確認するためには、低減出力から約28~30dB低下した反射光電力を検出する必要があり、検出精度の関係から出力光コネクタ113の開放による低減出力値はあまり低く設定することができない。

【0054】即ち、両者の制御の要求する低減出力値は異なる。しかし、両者の低減出力値を共通にせず、独立に制御を行なうことはできない。

【0055】例えば、"入力光電力低下"→"出力停止"→"反射光が無いため光コネクタ113開放検出不可状態"→"保守者による光コネクタ開放"→"入力光電力の回復"→"出力復帰"→"保守者の目に光入力"、といった事態が起こる可能性があるためである。

【0056】この実施例は以上説明した問題点を解決し、入力光電力により出力低下/回復と出力光コネクタ開放/接続による出力低下/回復を行なうことのできる光増幅器であり、以下にその構成と動作を説明する。

【0057】この実施例の光増幅器102は、入力光電力の低下/回復を検出し、光増幅器102の定常出力状態と出力低減状態との間の遷移を自動的に行なうために、入力部に光カプラ101を設け、入力光電力を一部分岐して入力光電力モニタ104へ導く。この入力光電力モニタ104では入力光電力を電気信号に変換し、その値を入力光電力低下/回復検出部110へ導く。

【0058】入力光電力低下/回復検出部110は、予め40設定された第2の光電力値と入力光電力値を比較する。もし、設定値より入力光電力値が下がった場合、出力(利得)制御部106は制御目標値を、予め定められた第2の低減出力に設定するようする。もし、設定値より入力光電力値が上がった場合、出力(利得)制御部106は制御目標値を、予め定められた第1の低減出力に設定するようする。

【0059】さらに、出力部に光カプラ103を用いて反射光電力をモニタする。反射光電力モニタ111では、反射光電力を電気信号に変換し、その値を反射光増加/減少検出部112へ導く。反射光増加/減少検出部112は、予

め設定された第1の光電力値と反射光電力値とを比較する。もし、設定値より反射光電力値が増加し、入力光電力が正常の場合、出力（利得）制御部106は制御目標値を、予め定められた第1の低減出力に設定するようとする。もし、設定値より反射光電力値が減少し、入力光電力が正常の場合、出力（利得）制御部106は、制御目標値を定常出力に復帰するようとする。

【0060】以上の光増幅器の動作を図8の状態遷移図を用いて説明する。この光増幅器には、定常出力状態S0と出力低減状態L1及び出力低減状態L2の三状態が存在する。

【0061】入力光電力モニタ104で検出された入力光電力が特定の値より大きくなつた場合の反射光電力モニタ111で検出された反射光電力が特定の値よりも小さい場合、定常出力状態S0に留まる。特定の値より低い入力光電力を検出した場合、出力低減状態L2へ遷移する。出力低減状態L2は利得が低い状態であるため、急な光電力の入力によって発生する光サージを小さくすることができる。

【0062】入力光電力が回復して特定の値よりも大きくなると、出力低減状態L1へ遷移する。そして、反射光電力モニタ111で検出された反射光電力が特定の値よりも大きい場合は、光コネクタ113が開放されていると判断して出力低減状態L1に留まり続け、反射光電力が特定の値より小さくなると、光増幅回路は定常出力状態S0へ遷移する。

【0063】一方、入力光電力が特定の値より大きい場合であっても、反射光電力が特定の値よりも大きい場合は出力低減状態L1に遷移する。

【0064】光サージをより完全に抑圧するためには、出力低減状態L2を出力停止状態とすればよい。光コネクタ開放／接続による出力低下／回復を確実に行なうためには、出力低減状態1の出力を-15dBm以上(PIN-PDの受光能力= -45dBm程度、光ファイバに光コネクタを接続した場合の反射減衰量=30dB程度の場合)とすればよい。この実施例によれば、光サージを抑圧する制御と光コネクタの開放／接続による制御を同時に両立させることができ、それぞれの目的を損なうことがない。

【0065】本発明の第4の実施例を、図9及び図10を用いて説明する。図9は、この実施例の光増幅器の構造を示した図であり、第3の実施例との差異についてのみ説明し、同一の構成については説明を省略する。

【0066】第3の実施例では、コネクタ開放／接続を反射光電力（絶対値）によって識別し、出力または利得を制御している。本実施例では、コネクタ開放／接続を反射減衰量（出力光電力と反射光電力の比を示した相対値であり、この実施例中では、反射減衰量=出力光電力／反射光電力と定義する。）によって識別し、出力または利得を制御する。

【0067】このため、図9において、反射減衰量増加

／減少検出部112aは出力光電力と反射光電力から反射減衰量を算出し、設定された反射減衰量と比較する。図10に、この実施例の状態遷移図を示す。図8に示した第3の実施例の状態遷移図に比べて、状態遷移条件が【反射光の増加／減少】から【反射減衰量の増加／減少】に変更してあるが、他の条件は同様であり、詳細な説明省略する。

【0068】この実施例の構成によれば、出力光電力と反射光電力を用いて反射減衰量の比率の変動を検出しているので、光増幅器の出力光電力の大小によらず、広い範囲でコネクタ開放／接続を検出することが可能である。

【0069】本発明の第5の実施例について説明する。この実施例は、第2、第3又は第4の実施例の制御動作をより確実なものとするために、各実施例の構成にヒステリシス回路を加えたものである。このため、上記各実施例にヒステリシス回路を加えた場合の構成の差異についてのみ説明し、同一の構成については説明を省略する。

【0070】まず始めに、第2の実施例に本回路を加えた実施例について説明する。

【0071】第2の実施例は図4に示されているように、設定された光電力値（しきい値）と入力光電力値を比較する入力光電力低下／回復検出部109を有している。

【0072】しかしながら、1つのしきい値で低下検出と回復検出を行なうと、入力光電力がしきい値と同じになつた場合、低下検出と回復検出のどちらの制御が行なわれるか不確実となる。

【0073】この第2の実施例の動作を確実にするため、ヒステリシス回路によって入力光電力低下／回復検出部109に2つしきい値を設定し、ヒステリシス特性を持たせたものである。図11(a)に、ヒステリシス回路によってヒステリシス特性を持たせた場合の、入力光電力低下／回復検出部109の2つしきい値を示す。

【0074】第3あるいは第4の実施例の入力光電力低下／回復検出部110についても、第2の実施例と同様の問題を有しており、ヒステリシス回路を備えることで同様の効果が得られる。

【0075】第3の実施例は図7にその構成を示すように、設定された反射光電力値（しきい値）と反射光電力値を比較する反射光増加／減少検出部112を有している。この反射光増加／減少検出部112も、先に説明した入力光電力低下／回復検出部110と同様の問題を有しており、ヒステリシス回路によって反射光増加／減少検出部112に2つしきい値を設定してヒステリシス特性を持たせることは、第3の実施例の動作を確実にするためにより有効である。図11(b)に、ヒステリシス回路によってヒステリシス特性を持たせた場合の、反射光増加／減少検出部112の2つしきい値を示す。

【0076】また、第4の実施例は図9にその構成を示すように、設定された反射減衰量（しきい値）と算出した反射減衰量を比較する反射減衰量増加／減少検出部112aを有している。そして同様の理由で、第4の実施例の動作を確実にするため、ヒステリシス回路によって反射減衰量増加／減少検出部112aに2つしきい値を設定し、ヒステリシス特性を持たせるものである。図11(c)に、ヒステリシス回路によってヒステリシス特性を持たせた場合の、反射減衰量増加／減少検出部112aの2つしきい値を示す。このような構成とすることによって、低下検出と回復検出のどちらの検出が行なわれるか確実に判断することが可能となり、制御動作を確実に行なうことが可能となる。

【0077】これらの以上説明した各実施例はALC回路を備えた光増幅器を用いているが、先に説明した励起光電力一定制御の光ファイバ増幅器206aや、注入電流一定制御の半導体光増幅器206bにも適用することが可能である。この場合、ALC回路を備えた光増幅器では制御出力値または制御利得を低い値に変更したが、励起光電力を一定に制御していた光ファイバ増幅器では励起光電力を下げるよう制御すればよく、注入電流を一定に制御していた半導体光増幅器では注入電流を下げるよう制御すればよい。

【0078】

【発明の効果】以上述べてきたように、本発明の光増幅器を用いれば、効果的に光サージを抑圧することができる、出力コネクタを扱う保守者の危険や、接合部の溶融、受光器等の部品の破壊を防止することが可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1の実施例の光増幅器の構成を示した図である。

【図2】第1の実施例の光増幅器の状態遷移を示した図である。

【図3】第1の実施例の光増幅器の利得、入出力特性を示した図である。

【図4】第2の実施例の光増幅器の構成を示した図である。

【図5】第2の実施例の光増幅器の状態遷移を示した図である。

【図6】第2の実施例の光増幅器の利得、入出力特性を*

*示した図である。

【図7】第3の実施例の光増幅器の構成を示した図である。

【図8】第3の実施例の光増幅器の状態遷移を示した図である。

【図9】第4の実施例の光増幅器の構成を示した図である。

【図10】第4の実施例の光増幅器の状態遷移を示した図である。

10 【図11】第5の実施例のヒステリシス回路の検出しきい値を示した図である。

【図12】光ファイバ通信の構成を示した図である。

【図13】光増幅器を用いた光ファイバ通信の構成を示した図である。

【図14】従来の一般的な光増幅器の構成を示した図である。

【図15】図14の光増幅器の入出力特性を示した図である。

20 【図16】図14の光増幅器において発生する光サージを示した図である。

【図17】ALC回路を備えた光増幅器の構成を示した図である。

【図18】図17の光増幅器の入出力特性を示した図である。

【図19】図17の光増幅器において発生する光サージを示した図である。

【符号の説明】

101 光カプラ

102 光増幅器

30 103 光カプラ

104 入力光電力モニタ

105 入力光電力低下検出部

106 出力（利得）制御部

107 出力光電力モニタ

108 リセットSW

109 入力光電力低下／回復検出部

110 入力光電力低下／回復検出部

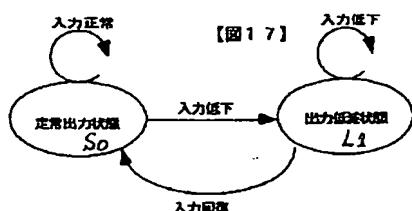
111 反射光電力モニタ

112 反射光増加／減少検出部

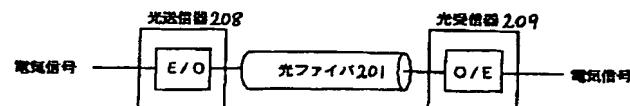
40 112a 反射減衰量増加／減少検出部

113 光コネクタ

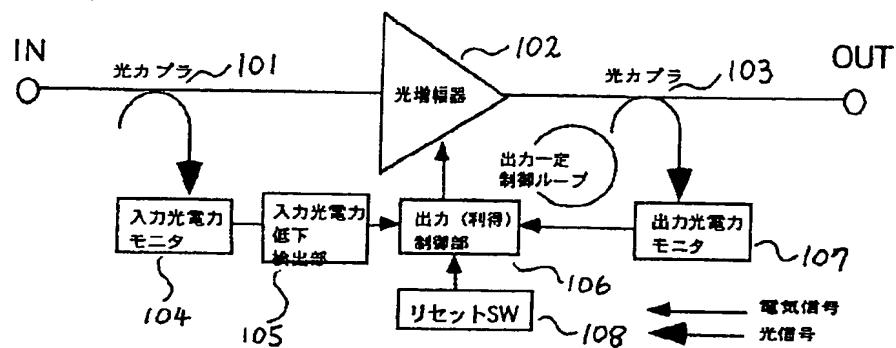
【図5】



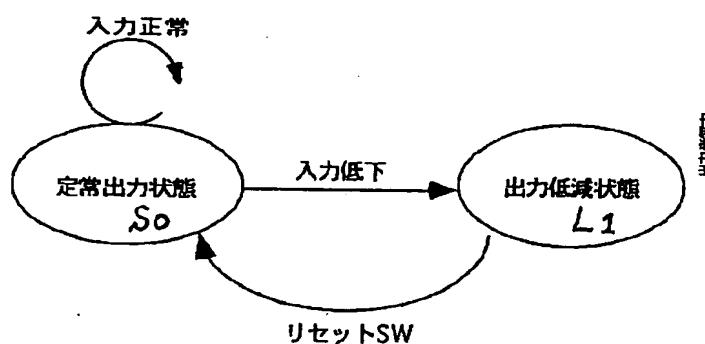
【図12】



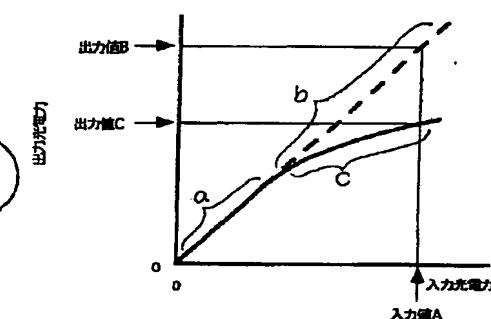
【図1】



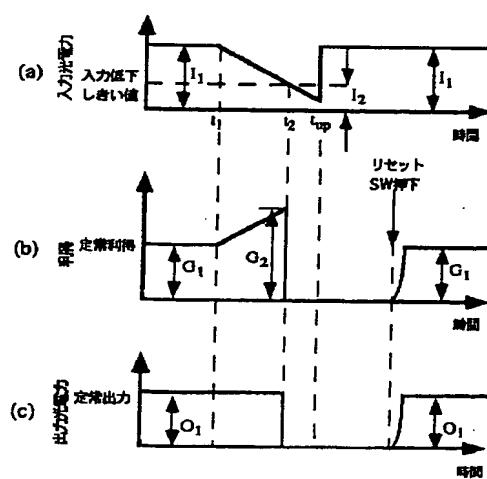
【図2】



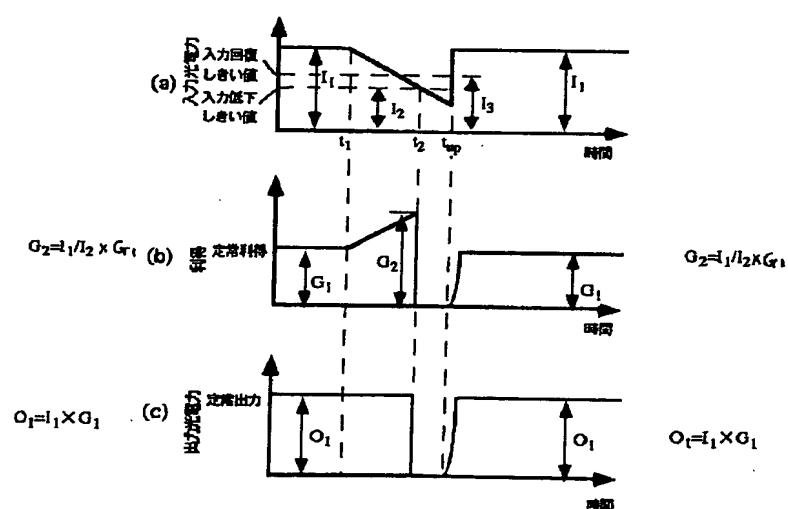
【図15】



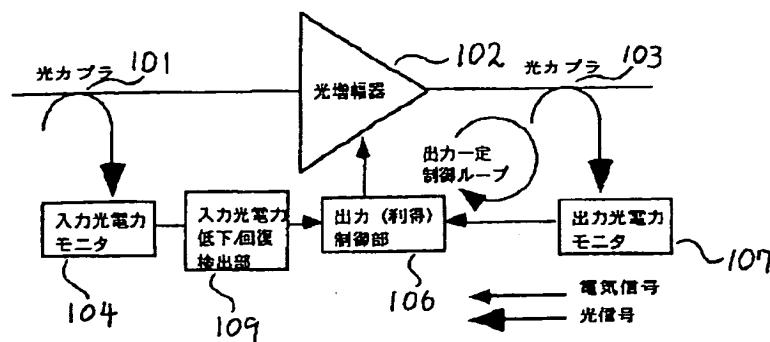
【図3】



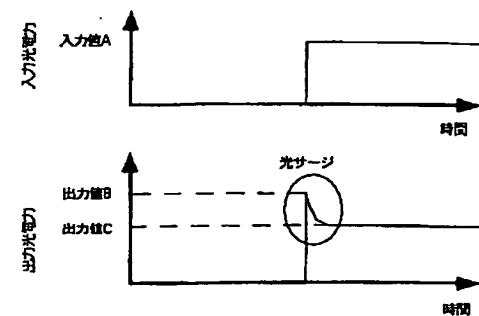
【図6】



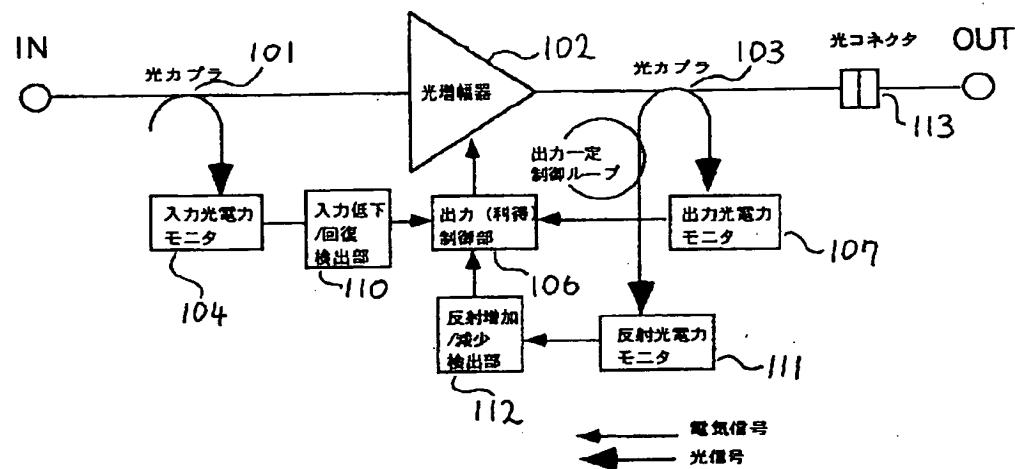
【図4】



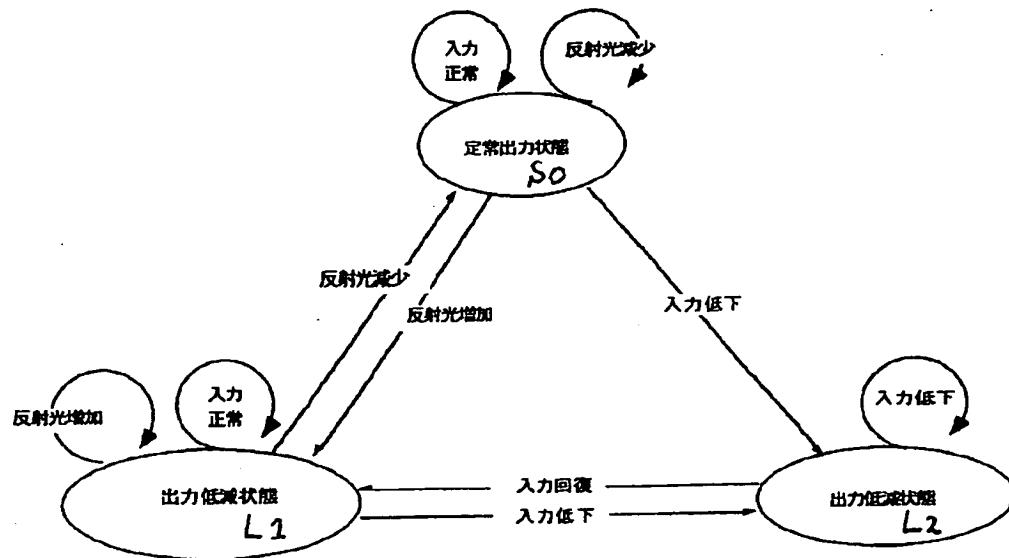
【図16】



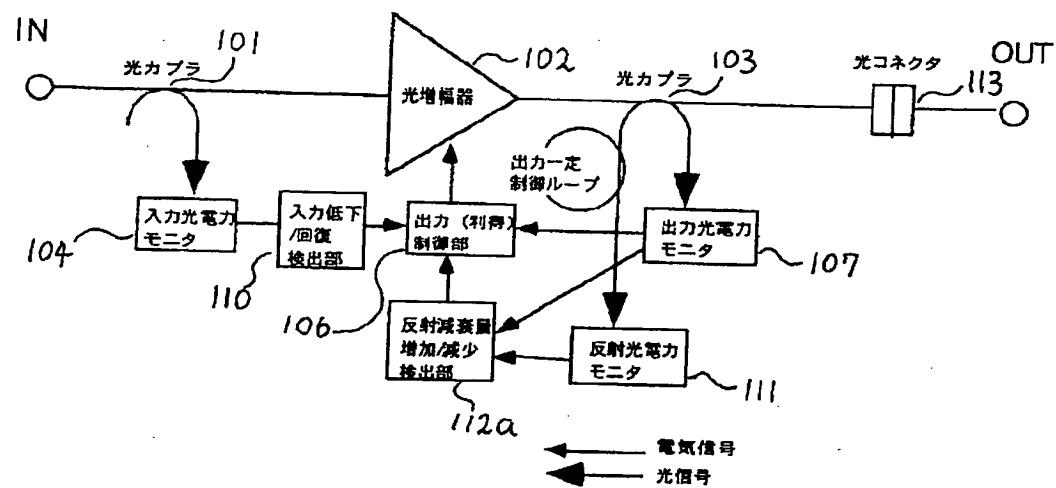
【図7】



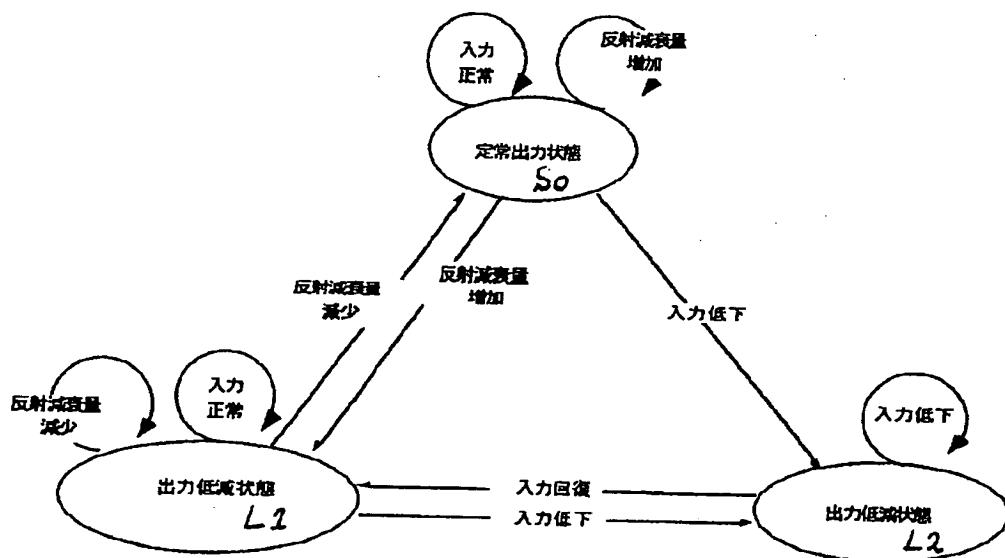
【図8】



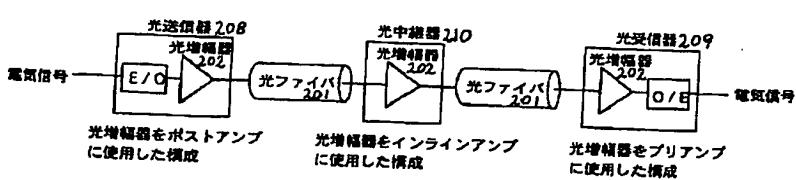
【図9】



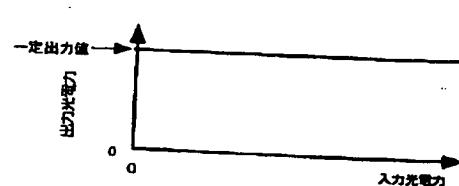
【図10】



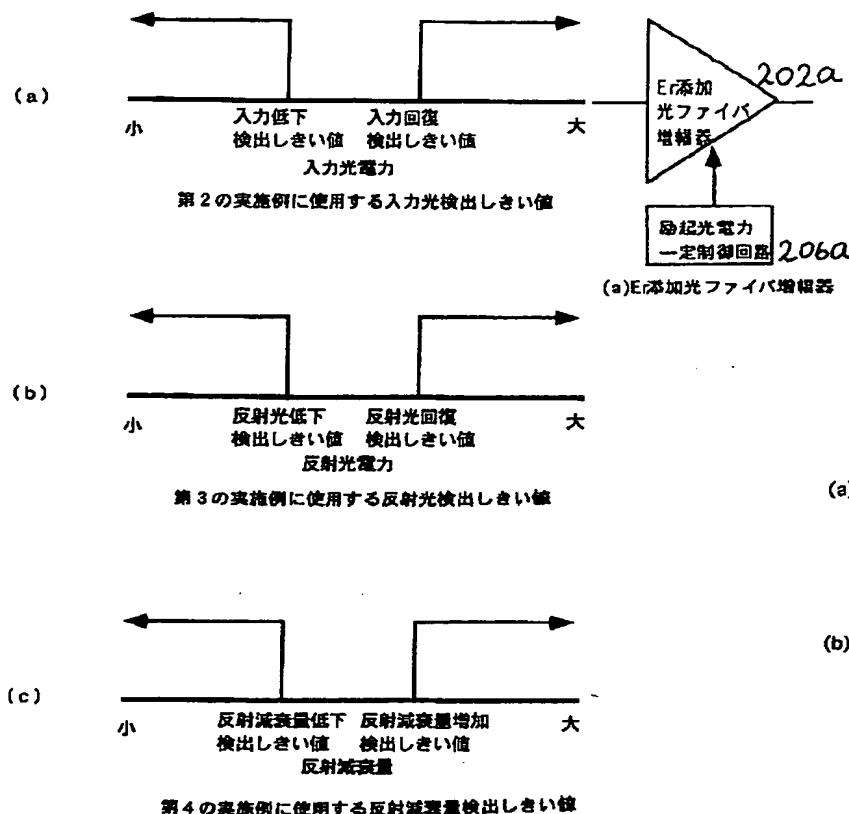
【図13】



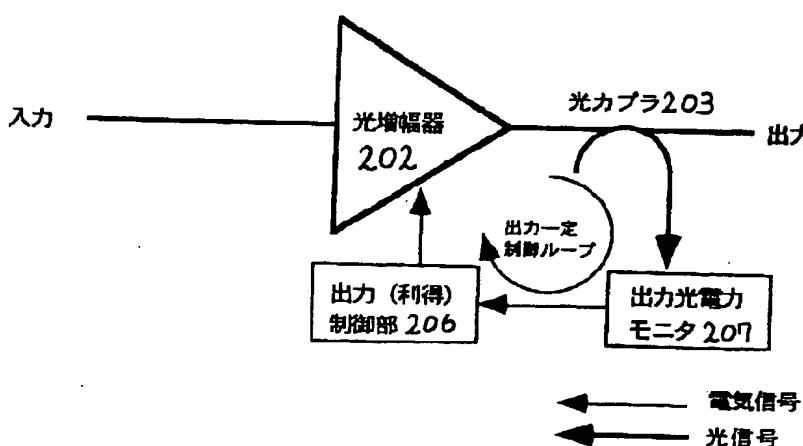
【図18】



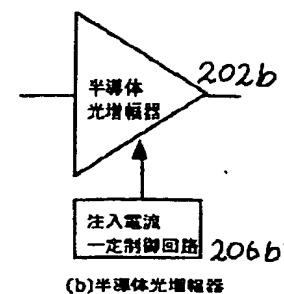
【図11】



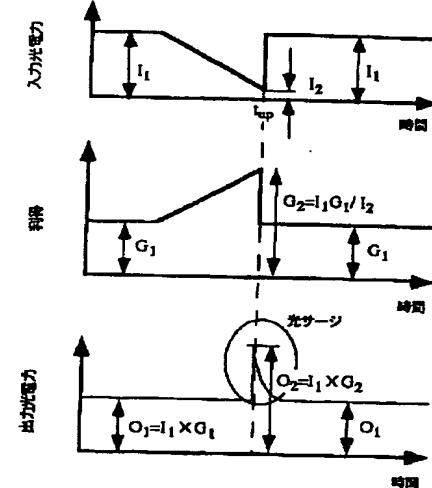
【図17】



【図14】



【図19】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. 6

識別記号 庁内整理番号

F I

技術表示箇所

H 04 B 10/17

10/16

(71)出願人 000005223
富士通株式会社
神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地

(72)発明者 青木 周生
東京都港区虎ノ門1丁目7番12号 沖電気
工業株式会社内

(72)発明者 相田 一夫
東京都千代田区内幸町一丁目1番6号 日
本電信電話株式会社内

(72)発明者 佐藤 良明
東京都千代田区内幸町一丁目1番6号 日
本電信電話株式会社内

(72)発明者 浅子 勝弘
東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株
式会社内

(72)発明者 坂野 伸治
神奈川県横浜市戸塚区戸塚町216番地 株
式会社日立製作所情報通信事業部内

(72)発明者 武鎗 良治
東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地
株式会社日立製作所中央研究所内

(72)発明者 山根 一雄
神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地
富士通株式会社内

(72)発明者 木下 進
神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地
富士通株式会社内

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-240717

(43)Date of publication of application : 12.09.1995

(51)Int.CI. H04B 10/14
H04B 10/06
H04B 10/04
H04B 10/17
H04B 10/16

(21)Application number : 06-028198

(71)Applicant : OKI ELECTRIC

IND CO LTD

NIPPON

TELEGR &

TELEPH CORP

<NTT>

NEC CORP

HITACHI LTD

FUJITSU LTD

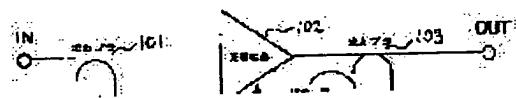
(22)Date of filing :

25.02.1994 (72)Inventor : AOKI CHIKAO
AIDA KAZUO
SATO YOSHIAKI
ASAKO
KATSUHIRO
SAKANO SHINJI
TAKEYARI
RIYOUJI
YAMANE KAZUO
KINOSHITA
SUSUMU

(54) OPTICAL AMPLIFIER

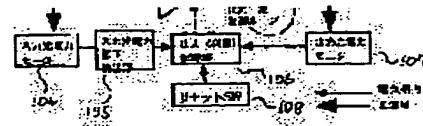
(57)Abstract:

PURPOSE: To prevent the danger to a maintenance personal who handles an output connector, fusion of a junction part, and destruction of parts like a photodetector by effectively suppressing the optical surge.



This Page Blank (uspto)

CONSTITUTION: A part of the output of an optical amplifier 102 is branched by an optical coupler 103 and is monitored by an output optical power monitor 107, and an output control part 106 is used to perform the feedback control so that the output is fixed, and the output reduction operation is performed based on the variance of the input optical power. Therefore, the input part is provided with an optical coupler 101, and the value of the input optical power is led to an input optical power reduction detecting part 105 by an input optical power monitor 104. The input optical power value is compared with a prescribed optical power value; and if the input optical power value is reduced to the set value or smaller, the output control part 106 changes the mode to the output reduction state where the control target value is reduced. A reset SW 108 is provided to restore the normal output state from the output reduction state.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 25.02.1994

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 2696064

[Date of registration] 12.09.1997

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

This Page Blank (uspto)

[WHAT IS CLAIMED IS:]

[Claim 1] An optical amplifier for amplifying input light and outputting output light with a fixed intensity, comprising: a detecting part for detecting electric power of input light; a comparing part for comparing the input light power value detected by the detecting part with a predetermined value; and an output control part for controlling the gain or output of the optical amplifier, wherein

the gain or output of the optical amplifier is lowered by the output control part when the input light power compared by the comparing part is smaller than the predetermined value.

[Claim 2] An optical amplifier for amplifying input light and outputting output light with a fixed intensity, comprising: a detecting part for detecting electric power of input light; a comparing part for comparing the input light power value detected by the detecting part with a predetermined value; and an output control part for controlling the gain or output of the optical amplifier, wherein

an output lowered condition is produced where the gain or output of the optical amplifier is lowered by the output control part when the input light power value compared by the comparing part is smaller than the predetermined value, and when the input light power becomes greater than the predetermined value in

the output lowered condition, the intensity of output light of the optical amplifier is made to be the fixed intensity.

[Claim 3] An optical amplifier according to Claim 2, further comprising a hysteresis circuit at the comparing part.

[Claim 4] An optical amplifier for amplifying input light and outputting output light in a steady output condition where the intensity of the output light is fixed, comprising a first detecting part for detecting reflected light power of output light;

a first comparing part for comparing the value of the reflected light power detected by the first detecting part with a first predetermined value;

a second detecting part for detecting input light power of input light;

a second comparing part for comparing the input light power detected by the second detecting part with a predetermined second value; and

an output control part for controlling the gain or output of the optical amplifier, wherein

a first output lowered condition is produced where the gain or output of the optical amplifier is lowered when the input light power becomes greater than the second value and the reflected light power becomes greater than the first value in

the output steady condition,

the output steady condition is produced when the input light power becomes greater than the second value and the reflected light power becomes smaller than the first value in the first output lowered condition,

a second output lowered condition is produced where the gain or output of the optical amplifier is lowered to be lower than in the first lowered condition when the input light power becomes smaller than the second value in the first output lowered condition,

the second output lowered condition is produced when the input light power becomes smaller than the second value in the steady output condition, and

the first output lowered condition is produced when the input light power becomes greater than the second value in the second output lowered condition.

[Claim 5] An optical amplifier according to Claim 4, wherein return loss expressed by the ratio of the reflected light power and output light power is used in place of the reflected light power.

[Claim 6] An optical amplifier according to Claim 4 or 5, further comprising hysteresis circuits at the first and second comparing parts.

[DETAILED DESCRIPTION OF THE INVENTION]

[0001]

[Field of the Invention] The present invention relates to a construction for suppressing light surge of an optical amplifier to be used for optical fiber communications.

[0002]

[Prior Art] The basic system of conventional optical fiber communications is shown in Fig. 12. An electric signal is converted into a light signal by optical transmitter 208 and then sent into optical fiber 201. The light signal propagating in the optical fiber 201 undergoes loss of the optical fiber 201, and the electric power thereof attenuates as the transmission distance becomes longer. The attenuated optical signal is restored to be an electric signal by optical receiver 209.

[0003] Meanwhile, the basic system of optical fiber communications using an optical amplifier is shown in Fig. 13. The optical amplifier has a function for directly amplifying input light without conversion into electricity, there are various known optical fibers such as an optical fiber amplifier which makes a pump light beam as an energy source on an optical fiber into which Er and Pr ions have been doped to generate inverted population and uses its stimulated emission as well

as an optical fiber amplifier which makes a pump light beam as an energy source incident on an optical fiber and amplifies signal light by using stimulated Raman scattering of an optical fiber, and an optical amplifier using a semiconductor device for amplifying signal light by means of stimulated emission of electrons with energy generated within the semiconductor due to an external current.

[0004] Optical fiber communications using this optical amplifier 202 for a post-amplifier, pre-amplifier, and in-line amplifier have been actively studied and developed (for example, "Repeating transmission system using optical fiber amplifier" by Hagimoto and Aoyama, p.246, No.5, Vol.75-B-1, Transactions of The Institute of Electronics, Information and Communication Engineers, 1992).

[0005] The post-amplifier increases incident light power to the optical fiber 201 from the optical transmitter 208. The pre-amplifier improves the sensitivity of the optical receiver 209, and enables operation with smaller input light power. The use of the post-amplifier and pre-amplifier makes it possible to perform long-distance optical fiber communications.

[0006] Furthermore, the in-line amplifier amplifies and outputs input optical signals to the optical repeater 210, so that the use of a plurality of in-line amplifiers makes it

possible to perform long-distance optical fiber communications without restoring the light signal to an electric signal.

[0007] As described above, optical amplifiers are effective to lengthen the distance of optical fiber communications. Since the optical amplifiers are not influenced by transmission rates and modulation systems of input signals, adaptable communications systems can be constructed. By an optical fiber amplifier using an optical fiber into which an earth-rare element Er has been doped, a great gain and output can be obtained, so that this amplifier has a great effect (for example, "Impact on optical communications systems by Er-doped optical fiber amplifiers" by Shimada, 0 plus E, 113, p.75, 1989).

[0008] For optical amplifiers to be used for optical fiber communications, a function by which the output is not changed by slight input changes is required. This is in order to cope with changes in loss of the optical fiber due to construction, maintenance, temperatures, and aging deterioration. In optical fiber communications using in-line amplifiers, the distances between buildings in which in-line amplifiers are installed are not constant, so that the optical fiber loss is not the same between buildings. Therefore, a function for fixing the output in response to input power in a certain range

is required for in-line amplifiers. An example of construction of an optical amplifier having an output fixing control (hereinafter, referred to as ALC: Auto Level Control) circuit satisfying the abovementioned two demands is shown in Fig. 17.

[0009] In the ALC circuit, a part of an output from the optical amplifier 202 is branched by optical coupler 203, and the branched outputs are monitored by output light power monitor 207. Then, feedback control is made by output (gain) control part 206 to fix the output.

[0010] Fig. 18 shows the input and output characteristics of an optical amplifier having an ALC circuit. In the optical amplifier having the ALC circuit, the output does not change and becomes fixed even when the input changes. However, in actuality, it is impossible to make ALC across the whole input range. This is because, if the input power is too small, an excessive gain is required, and if the input power is too great, changeable gain characteristics are not required but changeable loss characteristics are required. Therefore, for the optical amplifier having the ALC circuit, an input range around a target input value is regulated.

[0011]

[Problems to be Solved by the Invention] Optical amplifiers without ALC circuits, such as, optical fiber amplifier 202a

in which exciting light power is controlled to be fixed by using exciting light power fixing control circuit 206 shown in Fig. 14(a) and semiconductor optical amplifier 202b in which inrush currents are controlled to be fixed by using inrush current fixing control circuit 206b shown in Fig. 14(b) have input and output characteristics shown in Fig. 15.

[0012] As shown in this figure, in these optical amplifiers, when the input light power is small, a proportion relationship is established between the input light power and output light power. This proportion inclination is the gain.

[0013] When the input light power increases, the energy level required for optical amplification inside the optical amplifier is lowered, so that the gain cannot be maintained to be fixed. As region a in this figure, a gain at which the input light power and output light power have a proportion relationship is called linear gain, and as region c, a gain at which the input light power and output light power do not have a proportion relationship is called saturated gain.

[0014] In these optical amplifiers, an output has an output value C when a steady input value A is inputted into the optical amplifiers. However, the input value A is suddenly inputted to an optical amplifier without inputs, as shown in Fig. 16, a transitional response (hereinafter, referred to as light

surge) is generated in the output. This is because the optical amplifier holds a linear gain as shown by region c of Fig. 15 when inputting, and the output power thereof reach output value B of Fig. 15 in the transition condition.

[0015] Regarding this light surge generation, a case where wedge type light power shown in Figs. 19 is inputted into the optical amplifier 202 having an ALC circuit of Fig. 17 is also explained. Fig. 19(a) shows changes in input light power with time, (b) shows changes in gain of the optical amplifier 202 with time corresponding to (a), and (c) shows changes in output light power with time corresponding to (a).

[0016] As shown in these figures, in a region in which the input lowers, the gain rises and the output is maintained to be fixed. When the input light power suddenly becomes high at time t_{up} , its instantaneous output is determined by gain G2 of the optical amplifier 202. Therefore, the light surge is generated.

[0017] The magnitude of the light surge depends on the internal gain which the optical amplifier can hold, so that there is a possibility that an optical amplifier with an ALC circuit outputs light surge greater than that of an optical amplifier without an ALC circuit.

[0018] In optical fiber communications, it can be considered that light power is suddenly inputted into the optical

amplifier from a no-input condition due to attachment and detachment of the input light connectors. In this case, as described above, regardless of the existence of an ALC circuit, the optical amplifier may output light surge.

[0019] A person in charge of maintenance may handle the output connectors of the optical amplifiers such as post-amplifiers and in-line amplifiers, and output of light surge is dangerous to a person's eyes.

[0020] Light surge also damages optical parts such as optical connectors and the like. For example, it has been reported that, when the output light connector joined portion has been stained, the joined portion fused due to light surge. (Nakajima et al., B-575, Report on 1991 Autumn Meeting of The Institute of Electronics, Information and Communication Engineers)

[0021] Furthermore, in a case where the optical amplifier is used as a pre-amplifier, light surge may break optical parts such as optical receivers and the like at the rear stage of the pre-amplifier.

[0022] As described above, light surge causes various problems, and in the field of optical fiber communications using optical amplifiers, to suppress light surge has become a theme.

[0023]

[Means for Solving the Problems] In order to solve the

abovementioned problems, according to the invention, in an optical amplifier for amplifying input light and outputting output light with a fixed intensity, a detecting part for detecting electric power of input light; a comparing part for comparing the input light power value detected by this detecting part with a predetermined value; and an output control part for controlling the gain or output of the optical amplifier are provided, and the gain or output of the optical amplifier is lowered by the output control part when the input light power compared by the comparing part is smaller than the predetermined value.

[0024] Then, a reset switch can be provided to restore the amplifier to the original condition, or a circuit for detecting an increase in input light power can be provided so that the amplifier automatically returns to the original condition.

[0025]

[Action] According to such a construction, when the input light power suddenly increases after the input light power lowers, since the optical amplifier has been turned into an output lowered condition at a stage at which the input light power value has become lower than the predetermined value, even when light surge is generated, the peak value can be suppressed to be small.

[0026]

[Embodiments] A first embodiment of the invention is explained with reference to Fig. 1, Fig. 2, and Figs. 3.

[0027] Fig. 1 shows the construction of this embodiment, and is composed of an optical amplifier 102 having an ALC circuit as a basis wherein a part of an output is branched by optical coupler 103 and monitored by output light power monitor 107, and feedback control is made by using output (gain) control part 106 so that the output becomes fixed.

[0028] In optical amplifier 102 of this embodiment, for an output lowering operation based on changes in input light power, optical coupler 101 is provided at the input portion which branches a part of input light power and guides it to input light power monitor 104. This input light power monitor 104 converts the input light power into an electric signal, and the signal value is guided to input light power lowering detecting part 105. The input light power lowering detecting part 105 compares the light power value that has been set in advance and the input light power value, and if the input light power value lowers to be smaller than the set value, notifies output control part 106 for controlling the output (gain). The output (gain) control part 106 which has received the notification makes a change to lower the gain or output control

target value.

[0029] The abovementioned operation of the optical amplifier is explained with reference to the condition transition drawing of Fig. 2. In this optical amplifier, two conditions exist, that is, a steady output condition S0 and an output lowered condition L1. When the input light power detected by the input light power monitor 104 is greater than the specific value, the steady output condition S0 is maintained. If input light power lower than the specific value is detected, the condition is changed into the output lowered condition L1. The output lowered condition L1 is a condition where the gain is low, so that light surge to be caused by sudden input of light power can be suppressed to be small.

[0030] Then, to restore the output lowered condition L1 to the steady output condition S0, a reset switch 108 is provided at the output (gain) control part 106. When this reset switch 108 is depressed, the optical amplifier circuit changes into the steady output condition S0.

[0031] In this embodiment, by a change into the output lowered condition L1 where the gain is lowered, the magnitude of light surge is suppressed, however, in order to more completely suppress light surge, a control may be carried out whereby the optical amplifier is changed into a condition where the

operation is stopped.

[0032] Regarding an optical amplifier which carries out such a control, the changing operation into a condition where the action is stopped when the monitored input light power value is lowered to be smaller than the specific value is explained with reference to Figs. 3. Figs. 3 show the gain, input and output characteristics of the optical amplifier of the embodiment.

[0033] As shown in Fig. 3(a), the input light power is maintained at a fixed value I_1 at the beginning, however, it starts to lower from time t_1 , suddenly increases at timing t_{up} and then returns to the original fixed value I_1 .

[0034] This optical amplifier is provided with an ALC circuit, so that the initial gain G_1 rises from time t_1 as shown in Fig. 3(b), and as shown in Fig. 3(c), a fixed output O_1 is maintained up to time t_2 (at this time, gain $G_2 = I_1/I_2 \times G_1$).

[0035] Since the input lowering threshold is set to I_2 , the control of this embodiment is made at time t_2 , whereby the optical amplifier stops its action.

[0036] Even after time t_2 , the input light power lowers and suddenly increases at time t_{up} , however, since the optical amplifier has stopped its operation at time t_{up} and has not held a gain any more, light surge does not occur. Thereafter, if

the reset switch is depressed in a condition where the input light power becomes stable at the fixed value I_1 , this optical amplifier restores into the steady output condition and holds the fixed predetermined O_1 .

[0037] A second embodiment of the invention is explained with reference to Fig. 4, Fig. 5, and Figs. 6. Fig. 4 shows the construction of this embodiment, which is composed of optical amplifier 102 with an ALC circuit as a basis.

[0038] In order to detect lowering and restoration of the input optical power and automatically make a changeover between the steady output condition and output lowered condition, the optical amplifier 102 of this embodiment is provided with optical coupler 101 at the input part to branch a part of the input light power and guide it to the input light power monitor 104. In this input light power monitor 104, input light power is converted into an electric signal, and the signal value is guided to input light power lowering/restoration detecting part 109.

[0039] The input light power lowering/restoration detecting part 109 compares the predetermined light power value and input light power value, and if the input light power value is lower than the set value, notifies the output (gain) control part 106 which controls the output (gain) to lower the gain or output.

The output (gain) control part 106 which has received the notification makes a change for lowering the control target value. To the contrary, if the input light power value becomes greater than the set value, the output (gain control part 106 for controlling the output (gain) is notified to restore the gain or output. The output (gain) control part 106 which has received the notification restores the control target value.

[0040] The abovementioned operation of the optical amplifier is explained with reference to the condition transition drawing of Fig. 5. For this optical amplifier, two conditions including the steady output condition S0 and output lowered condition L1 exist. When the input light power detected by the input light power monitor 104 is greater than the specific value, the steady output condition S0 is maintained. When input light power which is lower than the specific value is detected, the condition is changed into the output lowered condition L1. The output lowered condition L1 is a condition where the gain is low, so that light surge caused by sudden input of light power can be suppressed.

[0041] Then, when the input light power is smaller than the specific value, the output lowered condition L1 is maintained. In this condition, if input light power that is greater than the specific value is detected, the optical amplifier circuit

changes into the steady output condition S0.

[0042] In this embodiment, the magnitude of light surge is suppressed by changeover into the output lowered condition L1 where the gain is lowered, however, in order to more completely suppress light surge, a control for changeover into a condition where the action of the optical amplifier is stopped may be made.

[0043] In the optical amplifier which carries out such control, operation for changeover into a condition where the action is stopped in a case where the monitored input light power value becomes lower than the specific value is explained with reference to Figs. 6. Figs. 6 are drawings showing the gain and input and output characteristics of the optical amplifier of the embodiment.

[0044] As shown in Fig. 6(a), the input light power is maintained at the fixed value I_1 at the beginning, however, it starts to lower from time t_1 , suddenly increases at time t_{up} , and then returns to the original fixed value I_1 .

[0045] This optical amplifier is provided with an ALC circuit, so that the initial gain G_1 increases from time t_1 , and as shown in Fig. 6(c), the fixed output O_1 is maintained up to time t_2 (at this time, gain $G_2 = I_1/I_2 \times G_1$).

[0046] Since the input lowering threshold is set to I_2 , so that

control of this embodiment is carried out at time t_2 , whereby the optical amplifier stops its action.

[0047] Even after time t_2 , the input light power keeps dropping and suddenly increases at time t_{up} , however, the optical amplifier has stopped its action and does not hold a gain, so that light surge does not occur. After time t_{up} , since the input light power exceeds input restoring threshold I_3 , this optical amplifier is restored into the steady output condition, and holds the fixed output O_1 .

[0048] A third embodiment of the invention is explained with reference to Fig. 7 and Fig. 8. Fig. 7 shows the construction of this embodiment, which is composed of optical amplifier 102 with an ALC circuit as a basis.

[0049] As shown in this embodiment, when the output of the optical amplifier 102 is connected to an optical fiber or optical receiver via light connector 113, the light connector 113 may be handled by a person in charge of maintenance. Considering the person's eyes, when the output light connector 113 is opened, it is desirable that the gain or output of the optical amplifier is lowered.

[0050] If this output light connector 113 is disconnected, reflected light power increases. This is because the refractive index differs for air and for the optical fiber core at the

end surface of the light connector 113. Control for preventing careless outputs by using this principle when the output light connector is open has been reported (A Bit-rate Flexible Transmission Field Trial Over 300km Installed Cables Employing Optical Amplifier, Nakagawa et al., International Conference "Optical Amplifiers and Their Applications", July 25, 1991). [0051] By improving this principle, control for lowering the gain or output when the output light connector 113 is disconnected and control for restoring the gain and output when the output light connector 113 is connected are considered. However, a simple combination of these controls and the control used in the second embodiment causes the following problems. [0052] Output lowering/restoring control by means of the input light power is made to suppress light surge. Therefore, in order to more completely suppress light surge, the lower the lowered output value in response to a lowering in the input light power, the greater the effect.

[0053] On the other hand, control by means of opening/connecting the output light connector 113 is made by using a change in the reflected light power. Therefore, to confirm the connection of the output light connector 113, it is necessary to detect the reflected light power lowered by approximately 28 through 30dB from the lowered output, so that

the lowered output value in response to the opening of the output light connector 113 cannot be set to be very low due to detection accuracy.

[0054] That is, the lowered output values requested by the abovementioned controls are different from each other. However, without making the lowered output values for the controls common, the controls cannot be independently carried out.

[0055] This is because, for example, there is a possibility that an event occurs in which "input light power lowering" → "output stop" → "undetectable condition of an opening of the light connector 113 due to no-existence of reflected light" → "light connector opened by the person in charge of maintenance" → "restoration of input light power" → "restoration of output" → "light entrance into the person's eyes".

[0056] This embodiment relates to an optical amplifier in which the abovementioned problems are solved and output lowering/restoration can be carried out by the input light power and opening/connection of the output light connector, with construction and operation explained below.

[0057] The optical amplifier 102 of this embodiment is provided with optical coupler 101 at the input to detect lowering/restoration of the input light power and

automatically carry out changeover between the steady output condition and output lowered condition of the optical amplifier 102, and partially branches the input light power and guides it to input light power monitor 104. In this input light power monitor 104, the input light power is converted into an electric signal, and the value is guided to input light power lowering/restoration detecting part 110.

[0058] The input light power lowering/restoration detecting part 110 compares the predetermined second light power value and the input light power value. If the input light power becomes lower than the predetermined value, the output (gain) control part 106 sets a control target value to be the predetermined second lowered output. If the input light power value becomes higher than the predetermined value, the output (gain) control part 106 sets the control target value to be the predetermined first lowered output.

[0059] Furthermore, reflected light power is monitored by using optical coupler 103 at the output part. In the reflected light power monitor 111, reflected light power is converted into an electric signal, and the signal value is guided to reflected light increase/decrease detecting part 112. The reflected light increase/decrease detecting part 112 compares the predetermined first light power value and reflected light power

value. If the reflected light power value becomes higher than the predetermined value and the input light power is normal, the output (gain) control part 106 sets the control target value to be the predetermined first lowered output. If the reflected light power value is lower than the predetermined value and the input light power is normal, the output (gain) control part 106 restores the control target value to be a steady output.

[0060] The abovementioned operation of the optical amplifier is explained with reference to the condition transition drawing of Fig. 8. Three conditions including a steady output condition S0, output lowered condition L1, and output lowered condition L2 exist in this optical amplifier.

[0061] When input light power detected by the input light power monitor 104 is greater than the specific value and reflected light power detected by the reflected light power monitor 111 at the output part is smaller than the specific value, the amplifier stays in the steady output condition S0. When input light power that is lower than the specific value is detected, the amplifier changes into the output lowered condition L2. Since the output lowered condition L2 is a condition where the gain is low, light surge occurring due to a sudden input of light power can be suppressed.

[0062] When the input light power is restored and becomes

greater than the specific value, the amplifier changes into the output lowered condition L1. Then, if the reflected light power detected by the reflected light power monitor 111 is greater than the specific value, the amplifier judges that the light connector 113 is open and stays in the output lowered condition L1, and when the reflected light power becomes lower than the specific value, the optical amplifier circuit changes into the steady output condition S0.

[0063] On the other hand, even when the input light power is greater than the specific value, if the reflected light power is greater than the specific value, the amplifier changes into the output lowered condition L1.

[0064] In order to more completely suppress light surge, the output lowered condition L2 may be an output stop condition. In order to securely carry out output lowering/restoration by means of opening/connecting the light connector, the output in the output lowered condition L1 may be set to be -15dBm or more (when light receiving performance of the PIN-PD equals approximately -45dBm, and return loss equals 30dB in a case where the light connector is connected to an optical fiber). According to this embodiment, control for suppressing light surge and control by means of opening/connecting the light connector are compatible with each other, and the purposes of

these are not to be lost.

[0065] A fourth embodiment of the invention is explained with reference to Fig. 9 and Fig. 10. Fig. 9 is a drawing showing the structure of an optical amplifier of this embodiment, and only differences from the third embodiment are explained, and explanation of the same points in construction is omitted.

[0066] In the third embodiment, the connector open/connection is distinguished based on the reflected light power (absolute value) to control the output and gain. In this embodiment, the connector open/connection is distinguished based on the return loss (relative value showing the ratio of the output light power and reflected light power, and in this embodiment, the return loss is defined as equaling output light power / reflected light power to control the output or gain.

[0067] Therefore, in Fig. 9, return loss increase/decrease detecting part 112a return loss is calculated from the output light power and reflected light power, and compares the calculated value with the set return loss. Fig. 10 shows the condition transition drawing of this embodiment. In comparison with the condition transition drawing of the third embodiment shown in Fig. 8, although the conditions for changing the condition are changed from [reflected light increase/decrease] to [return loss increase/decrease], other

conditions are the same and a detailed description thereof is omitted.

[0068] According to the construction of this embodiment, since a change in the ratio of the output light power and reflected light power is detected, regardless of the intensity of the output light power of the optical amplifier, the connector open/connection can be detected in a wide range.

[0069] A fifth embodiment of the invention is explained. In this embodiment, a hysteresis circuit is added to the construction of each embodiment to make the control operation of the second, third, or fourth embodiment more accurate. Therefore, only differences in construction in the case where a hysteresis circuit is added to each embodiment are explained, and description of the same points in construction is omitted.

[0070] First, an example in which this circuit is added to the second embodiment is explained.

[0071] As shown in Fig. 4, the second embodiment has input light power lowering/restoration detecting part 109 for comparing the set light power value (threshold) and an input light power value.

[0072] However, if detection of lowering and restoration is made based on one threshold, in a case where the input light power becomes equal to the threshold, it becomes uncertain

which control of lowering detection and restoration detection is to be carried out.

[0073] In order to make the operation of this second embodiment certain, two thresholds are set in the input light power lowering/restoration detecting part 109 through the hysteresis circuit to provide hysteresis characteristics. In Fig. 11(a), two thresholds in the input light power lowering/restoration detecting part 109 in the case where hysteresis characteristics are provided by the hysteresis circuit are shown.

[0074] The input light power lowering/restoration detecting part 110 of the third or fourth embodiment has the same problem as in the second embodiment, and provision of a hysteresis circuit also provides the same effect.

[0075] The third embodiment has reflected light increase/decrease detecting part 112 for comparing the set reflected light power value (threshold) and a reflected light power value as shown in Fig. 7. This reflected light increase/decrease detecting part 112 also has the same problem as with the input light power lowering/restoration detecting part 110 described above, and provision of hysteresis characteristics by setting two thresholds in the reflected light increase/decrease detecting part 112 through a

hysteresis circuit is effective to make the operation of the third embodiment certain. In Fig. 11(b), two thresholds set in the reflected light increase/decrease detecting part 112 in the case where hysteresis characteristics are provided by a hysteresis circuit are shown.

[0076] The fourth embodiment has return loss increase/decrease detecting part 112a for comparing set return loss (threshold) and calculated return loss as shown in Fig. 9. For the same reason, to make the operation of the fourth embodiment certain, two thresholds set in the return loss increase/decrease detecting part 112a are set by a hysteresis circuit to provide hysteresis characteristics. In Fig. 11(c), two thresholds set in the return loss increase/decrease detecting part 112a in the case where hysteresis characteristics are provided by a hysteresis circuit are shown. By such a construction, it becomes possible to certainly judge which of either the lowering detection or restoration detection to carry out, whereby the control operation can be securely carried out.

[0077] The embodiments described above use optical amplifiers with ALC circuits, however, the invention can also be applied to the aforementioned optical fiber amplifier 206a with exciting light power fixing control and the semiconductor optical amplifier 206b with inrush current fixing control. In

this case, the control output value or control gain of the optical amplifier with an ALC circuit is changed to be low, however, in the optical fiber amplifier which controls the exciting light power to be fixed, the exciting light power may be controlled to be lower, and in the semiconductor optical amplifier which controls the inrush current to be fixed, the inrush current may be controlled to be lower.

[0078]

[Effects of the invention] As described above, use of the optical amplifier of the invention makes it possible to effectively suppress light surge, so that it is possible to prevent danger to a person in charge of maintenance who handles the output connector, fusion at connecting portions, and breakage of parts such as the optical receiver and the like.

[BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS]

[Fig. 1] A drawing showing the construction of the optical amplifier of the first embodiment.

[Fig. 2] A drawing showing the condition transition of the optical amplifier of the first embodiment.

[Figs. 3] Drawings showing the gain and input and output characteristics of the optical amplifier of the first embodiment.

[Fig. 4] A drawing showing the construction of the optical

amplifier of the second embodiment.

[Fig. 5] A drawing showing the condition transition of the optical amplifier of the second embodiment.

[Figs. 6] Drawings showing the gain and input and output characteristics of the optical amplifier of the second embodiment.

[Fig. 7] A drawing showing the construction of the optical amplifier of the third embodiment.

[Fig. 8] A drawing showing the condition transition of the optical amplifier of the third embodiment.

[Fig. 9] A drawing showing the construction of the optical amplifier of the fourth embodiment.

[Fig. 10] A drawing showing the condition transition of the optical amplifier of the fourth embodiment.

[Figs. 11] Drawings showing the detection thresholds of the hysteresis circuit of the fifth embodiment.

[Fig. 12] A drawing showing the construction of optical fiber communications.

[Fig. 13] A drawing showing the construction of optical fiber communications using optical amplifiers.

[Figs. 14] Drawings showing the constructions of conventional general optical amplifiers.

[Fig. 15] A drawing showing the input and output

characteristics of the optical amplifiers of Figs. 14.

[Fig. 16] A drawing showing light surge to occur in the light amplifiers of Figs. 14.

[Fig. 17] A drawing showing the construction of an optical amplifier with an ALC circuit.

[Fig. 18] A drawing showing the input and output characteristics of the optical amplifier of Fig. 17.

[Fig. 19] A drawing showing light surge to occur in the optical amplifier of Fig. 17.

[Description of Symbols]

- 101 Optical coupler
- 102 Optical amplifier
- 103 Optical coupler
- 104 Input light power monitor
- 105 Input light power lowering detecting part
- 106 Output (gain) control part
- 107 Output light power monitor
- 108 Reset switch
- 109 Input light power lowering/restoration detecting part
- 110 Input light power lowering/restoration detecting part
- 111 Reflected light power monitor
- 112 Reflected light increase/decrease detecting part
- 112a Return loss increase/decrease detecting part

113 Optical connector

[Fig. 5]

Normal input

Steady output condition S0

[Fig. 17]

Input lowering

Input restoration

Input lowering

Output lowered condition L1

[Fig. 12]

Electric signal

Optical transmitter 208

Optical fiber 201

Optical receiver 209

Electric signal

[Fig. 1]

101 Optical coupler

102 Optical amplifier

103 Optical coupler

104 Input light power monitor

105 Input light power lowering detecting part

106 Output (gain) control part

Output fixing control loop

107 Output light power monitor

108 Reset SW

Electric signal

Light signal

[Fig. 2]

Normal input

Steady output condition S0

Input lowering

Reset SW

Output lowered condition L1

[Fig. 15]

Output light power

Output value B

Output value C

Input light power

Input value A

[Figs. 3]

(a) Input light power

Input lowering threshold

Time

(b) Gain

Steady gain

Reset SW depressing

Time

(c) Output light power

Steady output

Time

[Figs. 6]

(a) Input light power

Input restoration threshold

Input lowering threshold

Time

(b) Gain

Steady gain

Time

(c) Output light power

Steady output

Time

[Fig. 4]

101 Optical coupler

102 Optical amplifier

103 Optical coupler

104 Input light power monitor

109 Input light power lowering/restoration detecting part

106 Output (gain) control part

Output fixing control loop

107 Output light power monitor

Electric signal

Light signal

[Fig. 16]

Input light power

Input value A

Time

Output light power

Output value B

Output value C

Light surge

Time

[Fig. 7]

101 Optical coupler

102 Optical amplifier

103 Optical coupler

113 Optical connector

104 Input light power monitor

110 Input lowering/restoration detecting part

106 Output (gain) control part

Output fixing control loop

107 Output light power monitor

112 Reflected light increase/decrease detecting part

111 Reflected light power monitor

Electric signal

Light signal

[Fig. 8](from left to right, top to bottom)

Normal input

Reflected light decrease

Steady output condition S0

Reflected light decrease

Reflected light increase

Input lowering

Reflected light increase

Normal input

Input lowering

Output lowered condition L1

Input restoration

Input lowering

Output lowered condition L2

[Fig. 9]

101 Optical coupler

102 Optical amplifier

103 Optical coupler

113 Optical connector

104 Input light power monitor

110 Input lowering/restoration detecting part

106 Output (gain) control part
Output fixing control loop
107 Output light power monitor
112a Return loss increase/decrease detecting part
111 Reflected light power monitor
Electric signal
Light signal
[Fig. 10](from left to right, top to bottom)
Normal input
Return loss increase
Steady output condition S0
Return loss decrease
Return loss increase
Input lowering
Return loss decrease
Normal input
Input lowering
Output lowered condition L1
Input restoration
Input lowering
Output lowered condition L2
[Fig. 13]
Electric signal

Optical transmitter 208
Optical amplifier 202
Construction using an optical amplifier as a post-amplifier
Optical fiber 201
Optical repeater 210
Optical amplifier 202
Construction using an optical amplifier as an in-line amplifier
Optical fiber 201
Optical receiver 209
Optical amplifier 202
Construction using an optical amplifier as a pre-amplifier
Electric signal
[Fig. 18]
Fixed output value
Output light power
Input light power
[Figs. 11]
(a) Small
 Input lowering detection threshold
 Input restoration detection threshold
 Large
 Input light detection thresholds to be used for the second
 embodiment

(b) Small

Reflected light lowering detection threshold

Reflected light restoration detection threshold

Reflected light power

Large

Reflected light detection thresholds to be used for the
third embodiment

(c) Small

Return loss lowering detection threshold

Return loss increase detection threshold

Return loss

Return loss detection thresholds to be used for the fourth
embodiment

[Figs. 14]

(a) Er-doped optical fiber amplifier

202a Er-doped optical fiber amplifier

206a Exciting light power fixing control circuit

(b) Semiconductor optical amplifier

202b Semiconductor optical amplifier

206b Inrush current fixing control circuit

[Figs. 19]

(a) Input light power

Time

(b) Gain

Time

(c) Output light power

Light surge

Time

[Fig. 17]

Input

202 Optical amplifier

203 Optical coupler

Output

206 Output (gain) control part

Output fixing control loop

207 Output light power monitor

Electric signal

Light signal

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

This Page Blank (uspto)